

MANUEL D'INSTRUCTIONS DE l'HÉLICE
SWIRL





Chemin de la Madone - 69210 LENTILLY - FRANCE
Tél. : + 33 (0) 4 74 72 12 69 - Fax : +33 (0) 4 74 72 10 01
E-mail : contact@duc-helices.com - www.duc-helices.com

Entreprise certifiée
ISO 9001:2008

Sommaire

1. Objectifs

L'objet de ce document est de fournir toutes les informations nécessaires relatives à l'utilisation de l'hélice SWIRL.

2. Description de l'hélice

2.1. Caractéristiques



L'hélice SWIRL est disponible en :

- Bipale
- Tripale

En fonction de son application, sa structure peut être renforcée (-R).

Diamètres existants :

- Ø1400 à Ø1745 mm

2.2. Avantages

Cette hélice a été étudiée pour avoir un effet **« constant speed »**.

Les pales sont fabriquées à partir de nappes de fibre de carbone et leur conception a été réalisée afin d'obtenir des contraintes maximales en **torsion** et en **flexion**.

C'est pourquoi l'effet constant speed n'est pas lié à la déformation de la pale mais à sa géométrie et son profil particulier.

Du fait du **profil extra plat et d'une petite corde**, nous obtenons un **excellent rendement** aussi bien en :

- **Performance**
- **Bruit**
- **Consommation**

Grâce à l'effet constant speed, nous avons **très peu de variation de tour moteur** entre le statique et le dynamique.

Cette hélice permet d'avoir de **meilleures performances** sur l'ensemble du domaine de vol à savoir :

- **Meilleure efficacité au décollage et en taux de montée due au régime moteur plus élevé**
- **Beaucoup d'allonge en croisière**
- **Un grand confort d'utilisation**

2.3. Moyeu carbone



Le moyeu utilisé est en fibres de carbone, réalisé par le procédé breveté **CARBONE FORGÉ®**. En plus du gain de poids, celui-ci permet d'obtenir des résistances mécaniques exceptionnelles.



2.4. Option bord d'attaque renforcé en Inconel



La pale SWIRL est disponible en deux versions de bord d'attaque :

- **SWIRL Standard**
- **SWIRL Inconel**

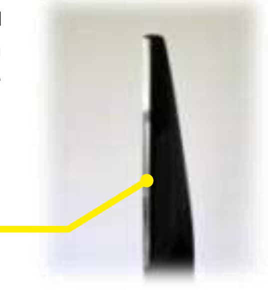
La pale **SWIRL Inconel** a la particularité d'être protégée au niveau du bord d'attaque avec un renfort métallique en Inconel. Ce matériau est un inox réfractaire avec une dureté de surface très élevée.



SWIRL Standard

SWIRL Inconel

Renfort Inconel



3. <u>Précautions d'installation</u>

AVERTISSEMENT
Assurez-vous que le circuit d'allumage est hors tension avant de débuter tout type de travail sur l'hélice. Ne pas faire tourner le moteur sans hélice, des dommages moteur en résulteront.

IMPORTANT
Le cône est un élément important pour le refroidissement du moteur (cône DUC en version Standard ou en version Turbo). L'avion ne doit pas voler sans cône d'hélice. La version Turbo des cônes DUC est particulièrement adaptée aux moteurs à refroidissement à air (Jabiru, …). Il limite les variations de température du moteur entre le décollage à plein régime et le vol en croisière mais également en statique ou sur un taxiway. Le montage d'un cône différent des cônes DUC devra faire l'objet d'un avenant au présent manuel d'instructions validé par la société DUC afin de confirmer sa compatibilité au montage de l'hélice. Sur les moteurs Rotax 2 temps et autres moteurs réductés d'une puissance inférieure à 65cv, les vis sont capables de travailler en cisaillement en fond de filet. Pour les autres moteurs en prise directe ou pour les moteurs réductés dont la puissance est supérieure à 65cv, il convient de rajouter 3 pions diamètre 10 mm de chaque côté du moyeu et du porte-hélice. Pour les moteurs 4 temps réductés (Ex : Rotax 912, 912S, 914) avec un porte-hélice équipé de trous lisses, les vis doivent travailler sur le corps lisse de la vis (la valeur de cisaillement d'une vis sur la partie corps lisse est 2 fois supérieure à celle sur la partie filetée). L'hélice vous est livrée avec les vis adéquates. Le changement des vis est contraire à nos préconisations sauf validation par les constructeurs.

CONDITIONS DE GARANTIE
L'utilisateur vole toujours sous son entière responsabilité (Cf. **7. Conditions Générales de Vente**).



4. Applications

Moteur	Type	Réd-ucteur	Hélice préconisée	Diamètre hélice (mm)	Angle de calage (°)	Potentiel de vol (heure)
3 AXES TRACTIFS						
ROTAX 912	4 temps	2.273	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1660	20°	800
		2.43	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1660	23°	800
ROTAX 912S	4 temps	2.43	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1740	24°	800
ROTAX 914	4 temps	2.43	Tripale SWIRL-R Standard ou Inconel Droite	Ø1740	25°	800
ROTAX 503	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	16°	800
		2.62	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	18°	800
		3	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	15°	800
ROTAX 582	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	18°	800
		2.62	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	20°	800
		3	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1740	17°	800
JABIRU 2200	4 temps	-	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1520	16°	600
JABIRU 3300	4 temps	-	Tripale SWIRL-R Standard ou Inconel Droite	Ø1620	17°	600
HKS	4 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660 à 1700	Nous consulter	800
CONTINENTAL O200	4 temps	-	Tripale SWIRL Standard ou Inconel droite (moyeu de 140 cv)	Ø1660	17°	600
VOLKSWAGEN	4 temps	-	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite ou Gauche suivant adaptation du moteur	Ø1520 à 1620	Nous consulter	600
LIMBACH	4 temps	-	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1520 à 1620	Nous consulter	600
3 AXES PROPULSIFS						
ROTAX 912	4 temps	2.273	Tripale SWIRL propulsive Gauche	Ø1740	20°	800
		2.43	Tripale SWIRL propulsive Gauche	Ø1740	20°	800
ROTAX 912S	4 temps	2.43	Tripale SWIRL propulsive Gauche	Ø1740	24°	800
ROTAX 503	2 temps	2.58	Bipale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	16°	800
		2.62	Bipale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	13°	800
		3	Tripale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	15°	800
ROTAX 582	2 temps	2.58	Bipale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	18°	800
		2.62	Bipale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	15°	800
		3	Tripale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	17°	800
PENDULAIRES						
ROTAX 503	2 temps	2.58	Bipale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	16°	800
ROTAX 582	2 temps	2.58	Bipale SWIRL propulsive Droite	Ø1740	18°	800

Les valeurs d’angle de calage sont des valeurs théoriques et le nombre Tour/Moteur en statique doit être vérifié.

Pour une bonne utilisation de l’hélice, se reporter à la rubrique **6. Maintenance**.

Autres applications

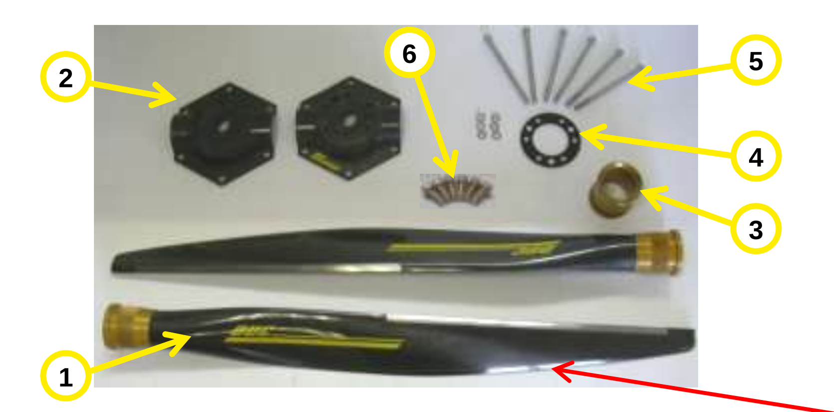
Pour toutes autres applications, merci de contacter la société DUC Hélices pour évaluer la possibilité d’adaptation de l’hélice SWIRL.

5. Notice de montage

Le montage de l'hélice SWIRL est illustré ci-après. La procédure s'applique aussi bien aux hélices bipales que tripales.

En cas de nécessité, contacter la société DUC Hélices pour le montage ou le contrôle de votre hélice.

5.1. Contenu du colis



Nomenclature
1. Pale SWIRL (x2 ou x3)
2. Demi-moyeu (x2)
3. Entretoise de moyeu (x1)
4. Grande rondelle de serrage (x1)
5. Grande vis + rondelles pour fixation (x6)
6. Petite vis + écrous pour moyeu (x6)



ATTENTION LORS DE LA MANIPULATION DES PALES : BORDS DE FUITE COUPANTS

5.2. Assemblage de l'hélice

ETAPE 1



Poser un demi-moyeu sur une table de travail.
Placer l'entretoise au centre du demi-moyeu.

ETAPE 2



Placer les 2 ou 3 pales dans leur logement.
Orienter l'autocollant DUC face à vous.

ETAPE 3



Placer le 2nd demi-moyeu sur le tout.

ETAPE 4



Depuis l'avant du moyeu, mettre en place les 6 vis courtes d'assemblage du moyeu.

A l'arrière, placer les écrous et les serrer modérément.

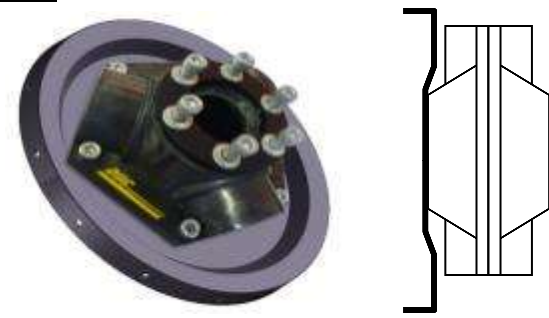
ETAPE 5





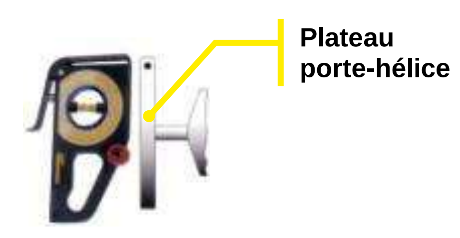
Positionner la grande rondelle de serrage sur la face avant du moyeu de l'hélice (côté autocollant), puis placer les 6 grandes vis de fixation avec leur rondelle.
Les cannelures de rondelle doivent être en contact avec la tête de la vis.

ETAPE 6

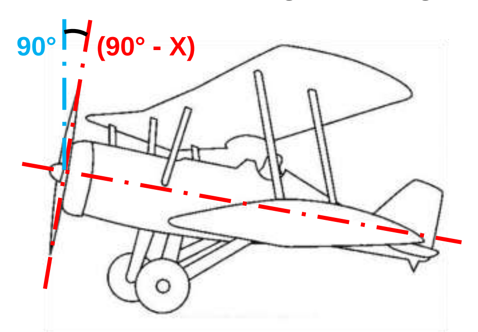


Depuis l'arrière de l'ensemble, positionner la platine de fixation du cône selon les vis de fixation.
Attention à respecter le sens de la platine.

ETAPE 7



Placer votre appareil de manière à ce que le plateau porte-hélice soit parfaitement vertical.
Contrôler avec le niveau de l'outil de réglage (90°).
Dans l'impossibilité de modifier l'axe longitudinal de l'appareil, relever la valeur X de l'angle d'inclinaison du plateau porte-hélice pour la soustraire à la valeur de l'angle de calage à régler.



ETAPE 7



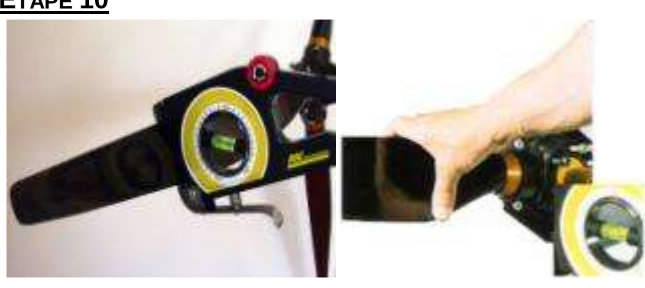
Mettre l'ensemble empilé sur le porte-hélice (ou l'entretoise d'adaptation correspondante).
Serrer modérément.

ETAPE 8



Desserrer légèrement les vis d'assemblage de manière à ce que chaque pale puisse pivoter dans son logement sans trop d'effort.

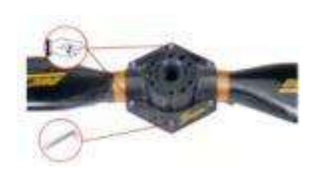
ETAPE 10



Le réglage de l'angle des pales s'effectue avec un outil de réglage spécifique. (Cf. **5.3. Réglage de l'angle de calage de l'hélice**).

ETAPE 11

COUPLE DE SERRAGE DES VIS = 25 Nm (2.5 kg/m)



Lorsque les pales sont réglées à l'angle approprié de l'installation, serrer l'ensemble des vis à un **couple de 25 Nm (2.5 kg/m)**.

Le serrage de l'hélice s'effectue en deux étapes :
1er serrage pour approcher les vis en serrant modérément
2nd serrage avec une clé dynamométrique



ETAPE 12

Une fois que tous les réglages de l'hélice ont été réalisés, monter le cône de l'hélice.
A ce point, l'hélice SWIRL est prête pour les essais en vol.



ATTENTION

Après 1 heure de fonctionnement, suite au montage ou à une modification du montage, resserrer votre hélice selon les indications de montage.

PRECAUTIONS

Si vous constatez la moindre anomalie de montage ou de fonctionnement, n'entreprenez pas de vol et contactez immédiatement la société DUC Hélices.



Prendre conscience des risques potentiels lors du montage et des premiers essais de l'hélice. Soyez concentré, attentif et vigilant à votre entourage. Vérifier plusieurs fois les points à respecter. Conserver de grandes distances de sécurité lors des mises en fonctionnement.

Les accessoires de fixation et l'hélice doivent être montés conformément aux notices techniques de la société DUC.

Le non-respect de ces données dégagerait de toute responsabilité notre société (Cf.**7.Conditions Générales de Vente**).

Le potentiel d'heures de vol de l'hélice SWIRL dépend du moteur sur lequel elle est montée.
Consulter la rubrique **4. Applications** pour connaître la valeur de celui-ci.

A l'atteinte du potentiel d'heures de vol de l'hélice, merci de retourner l'hélice complète pour contrôle puis recréditation d'un nouveau potentiel si aucun défaut majeur n'est détecté (Cf. 6. Maintenance).

INDICATIONS D'ESSAIS



Les essais sont importants. Il est normal de devoir faire plusieurs réglages successifs en alternant essais au sol et en vol.

<u>ESSAI AU SOL</u> : Immobiliser votre appareil, freins bloqués. Respecter les recommandations du constructeur concernant la sécurité.

Mettre le moteur en marche, laisser chauffer.

Gaz à fond, le régime moteur doit se situer au moins à 85% du régime moteur maximal préconisé en vol par le constructeur. **Si ce n'est pas le cas, ajuster l'angle de calage des pales**.

<u>ESSAI EN VOL</u> : Vérifier tous les serrages.

Décoller et vous mettre en vol horizontal stabilisé, vario à zéro.

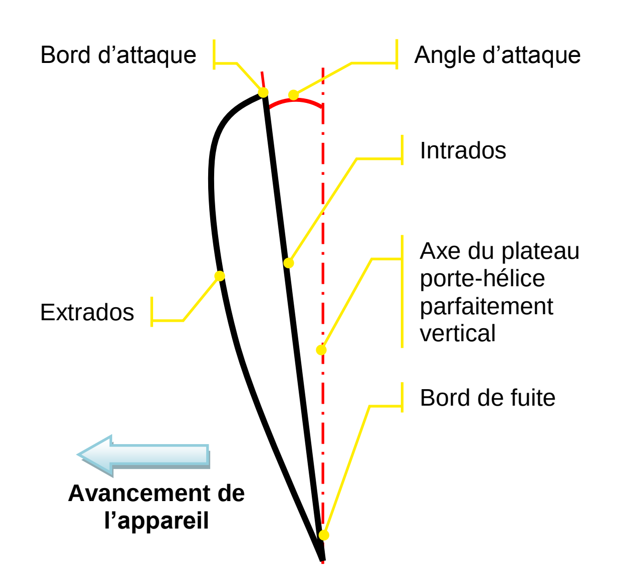
Gaz à fond, le régime moteur maximal préconisé par le constructeur doit être atteint, **mais pas dépassé**.



5.3. Réglage de l'angle de calage de l'hélice

Avant tout, la pale à régler doit être en position horizontale.

Le calage s'effectue avec l'outil de réglage plaqué sur l'intrados (bord d'attaque en haut) à 20 cm du bout de pale. L'angle d'attaque est formé par le plan vertical et l'intrados de la pale.

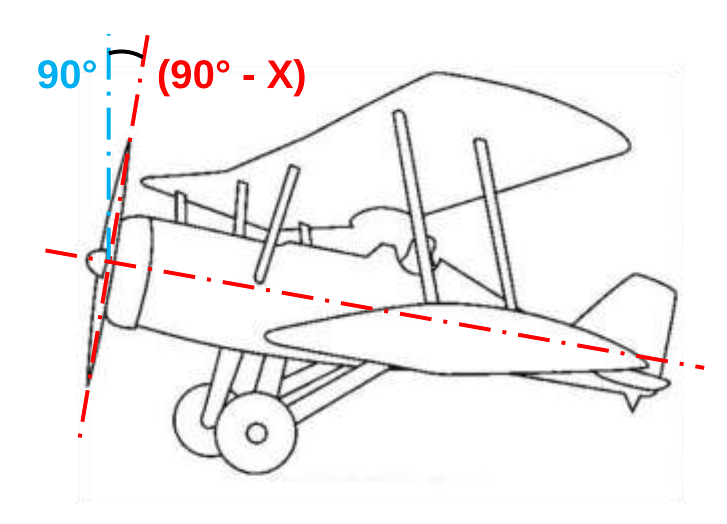


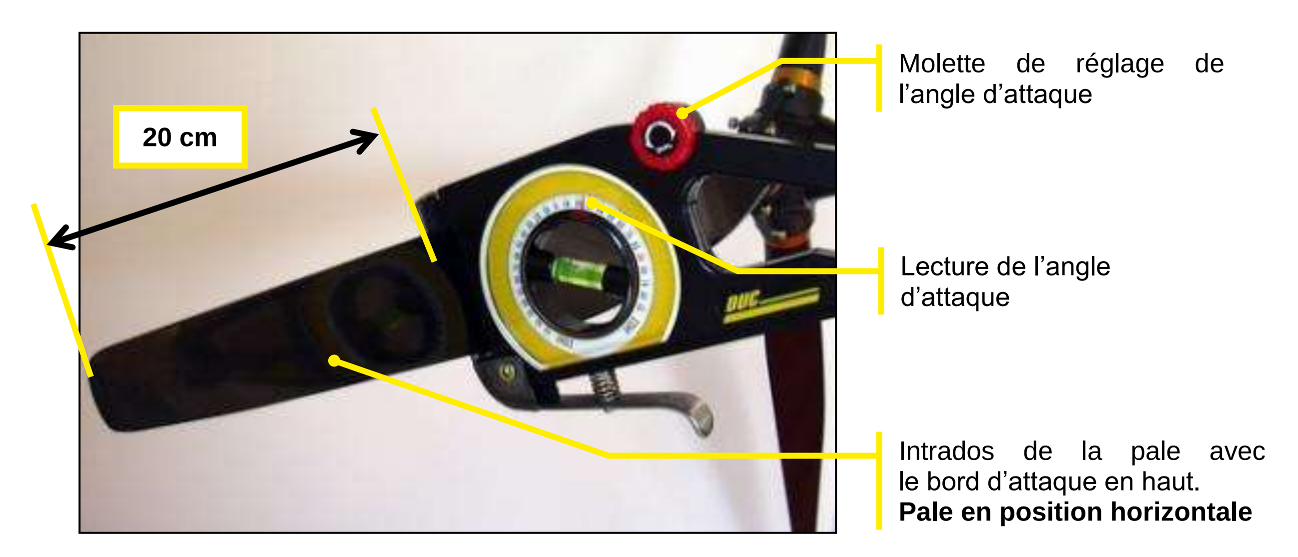
Pour cela, placer votre appareil de manière à ce que le plateau porte-hélice soit parfaitement vertical.



Contrôler avec le niveau de l'outil de réglage (90°).

Dans l'impossibilité de modifier l'axe longitudinal de l'appareil, relever la valeur X de l'angle d'inclinaison du plateau pour la soustraire à la valeur de l'angle de calage à régler.





6. Maintenance

6.1. Maintenance régulière (Client)

Pour une utilisation de l'hélice SWIRL en toute sécurité, il est nécessaire que l'utilisateur effectue une maintenance régulière pour détecter toutes anomalies. Cette maintenance s'arrête généralement à une simple vérification.

Fréquence de vérification : A chaque pré-vol **Moyens de contrôle :** Inspection visuelle & Manipulation manuelle

Points à contrôler :

- Fixation de l'hélice :
En maintenant manuellement le bout d'une des pales de l'hélice, secouer fermement celle-ci pour ressentir si un jeu apparait au niveau de la fixation de l'hélice.

- Dégradation de l'hélice:
Vérifier visuellement l'ensemble de l'hélice sans rien démonter (pied de pale, bord d'attaque en Inconel, surface de la pale, cône, moyeu, …)

- Fixation du cône :
Vérifier visuellement la bonne tenue des vis de fixation du cône. Un marquage à la peinture peut être fait entre chaque vis et le cône pour avoir un moyen de contrôle visuel du bon serrage de ces vis.

Possible problèmes rencontrés :

- Jeu dans le serrage de l'hélice
- Dégradation de surface
Fissure apparente
- Visserie desserrée ou endommagée

Actions correctives :

Selon l'importance :
1. Effectuer une réparation avec le kit de réparation DUC (réf. 01-80-004)
2. Resserrer les vis de fixation au couple adéquat
3. Remplacer le(s) composant(s) endommagé(s)
4. Contacter DUC Hélices pour définir une solution

6.1. Maintenance générale (Client)

Une maintenance générale par le client doit être faite à plus faible fréquence.

Fréquence de vérification : 100 heures ou annuelle **Moyens de contrôle :** Inspection visuelle & Manipulation

Points à contrôler :

- Fixation de l'hélice :
En démontant le cône de l'hélice, vérifier le bon serrage de la visserie à la clé dynamométrique. Ces vis de fixation du moyeu doivent être serrées au couple approprié, défini dans la notice de montage ci-jointe.
Un marquage à la peinture de l'ensemble vis/rondelle/moyeu lors du serrage peut aussi être fait pour permettre d'effectuer une vérification visuelle au dehors de cette maintenance générale.

- Dégradation de l'hélice:
Vérifier visuellement l'ensemble de l'hélice (pied de pale, bord d'attaque en Inconel, surface de la pale, cône, moyeu, …)

Possible problèmes rencontrés :

- Jeu dans le serrage de l'hélice
- Dégradation de surface
Fissure apparente
- Visserie desserrée ou endommagée

Actions correctives :

Selon l'importance :
1. Effectuer une réparation avec le kit de réparation DUC (réf. 01-80-004)
2. Resserrer les vis de fixation au couple adéquat
3. Remplacer le(s) composant(s) endommagé(s)
4. Contacter DUC Hélices pour définir une solution

6.1. Maintenance complète (DUC Hélices)

Au bout d'un nombre d'heures d'utilisation (potentiel de vol) défini par DUC Hélice, l'hélice doit être retournée à la société pour une expertise complète de tous les composants de l'hélice.

Consulter la rubrique **4. Applications** pour connaître la valeur du potentiel d'heures de vol du moteur considéré.

La dégradation éventuelle des composants de l'hélice peut varier en fonction du lieu d'utilisation.



7. Conditions Générales de Vente

7.1. Formation du contrat

Les commandes passées par fax, par téléphone ou sur le serveur de messagerie engagent le client dès réception par notre service client de la commande et de son règlement.

7.2. Livraison

La société DUC Hélices s'engage à mettre tout en œuvre afin de livrer la commande dans les délais les plus courts, et ce dès réception de la commande accompagnée du règlement. Les délais de livraison indiqués sur le bon de commande ne sont donnés qu'à titre indicatif et les retards éventuels ne donnent pas le droit à l'acheteur d'annuler la vente, de refuser la marchandise ou de réclamer des dommages et intérêts. Toute réclamation pour non-conformité ou manquement devra être transmise dans la semaine qui suit la date de réception de la commande.
La société DUC Hélices est libérée de son obligation de livraison pour tous cas fortuits ou de force majeure. A titre indicatif, les grèves totales ou partielles, les inondations, les incendies sont des cas de force majeure. Le transfert de propriété des produits livrés ou à livrer est suspendu jusqu'au paiement intégral du prix par le client et ce sans incidence sur le transfert des risques.

7.3. Prix

La société DUC Hélices pourra modifier ses tarifs à tout moment.
Le client s'engage à payer le prix de vente en vigueur au moment de la saisie de la commande. Le règlement de la commande est payable d'avance en un versement lors de l'envoi à la société DUC Hélices du bon de commande.

7.4. Droit de rétractation

En vertu de l'article L121-16 du Code de la consommation, le client dispose d'un délai de sept jours francs à compter de la livraison de sa commande pour faire retour des produits à la société DUC Hélices pour échange ou remboursement, sans pénalités à l'exception des frais de retour. Les produits retournés ne doivent pas avoir subi de dégâts conséquence de choc ou à un usage anormal et être emballés dans les conditionnements d'origine. Les marchandises expédiées en port du ne seront pas acceptées.

7.5. Garanties

Les produits de la société DUC Hélices doivent être montés et utilisés conformément aux manuels d'instructions fournis. Le non-respect de ces données dégage toute responsabilité de la société DUC Hélices.

L'utilisateur vole toujours sous son entière responsabilité.

La garantie légale des produits industriels est de six mois ou pendant la durée du potentiel de l'hélice (dépend du moteur sur lequel elle est montée) contre les vices cachés et défauts de fabrication. Consulter la rubrique **4. Applications** pour connaître la valeur du potentiel d'heures de vol du moteur considéré.

La société DUC Hélices garantit la défectuosité de ses produits dans le cadre d'un usage normal dans les modalités définies ci-après : Dans le cas où le client constaterait une défectuosité, il doit le signaler immédiatement à la société DUC Hélices et dispose d'un mois à compter de son achat pour le retourner à la société DUC Hélices, toutes défectuosités structurelles seront prisent en compte (à l'exception des dégâts conséquence de fausse manœuvre, de choc, d'accident, d'une altération ou négligence, de l'eau ou en général d'un usage inapproprié par le type du moteur, de la puissance, de la vitesse et du réducteur). Pour bénéficier de cette garantie, le client doit obligatoirement retourner la commande à ses frais dans un délai d'un mois à compter de son achat à la société DUC Hélices accompagné du bon de livraison joint aux produits. Lors d'un retour, la société DUC Hélices ne prend aucune responsabilité pour dommages ou pertes pendant le transport à cause d'un emballage insuffisant ou inadéquat. La société DUC Hélices retourne alors à ses frais, au client, à l'adresse indiquée sur le bon de livraison, un produit identique ou équivalent.

Outre ces garanties, La société DUC Hélices ne fournit aucune autre garantie.

7.6. Protection des données personnelles

Toutes les données que vous nous confiez sont protégées afin de pouvoir traiter vos commandes. En vertu de la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, vous disposez auprès du service client de La société DUC Hélices d'un droit d'accès, de consultation, de modification, de rectification et de suppression des données que vous nous avez communiquées.

7.7. Litiges

Toute commande passée emporte l'adhésion du client, et ce sans aucune restriction, aux Conditions Générales de vente de La société DUC Hélices. Tout différend relatif à la vente (prix, CGV, produit ...) sera soumis au droit français devant le tribunal de commerce de Lyon.

8. Annexes

I. Dossier technique du moyeu d'hélice CARBONE FORGÉ®

1. COMPARAISON DEMI-MOYEU CARBONE FORGE® / DEMI-MOYEU ALUMINIUM

L'objectif de ces essais est d'évaluer le potentiel du demi-moyeu en composite carbone fabriquées avec le procédé CARBONE FORGÉ®, en le comparant à différents demi-moyeux réalisés avec des catégories d'aluminium différentes.

PIECES ET MATERIAUX

4x DEMI-MOYEUX CARBONE FORGÉ®



Réalisé en fibres de carbone pré-imprégnée de classe 180 type aéronautique.

6x DEMI-MOYEUX ALUMINIUM



- AS 7 G06 avec traitement thermique 1 : pièces n° 1 / 2
- AS 7 G06 avec traitement thermique 2 : pièces n° 3 / 4
- AS 10 S8 G sans traitement thermique : pièces n° 5 / 6

MASSE DES PIECES CONSIDEREES

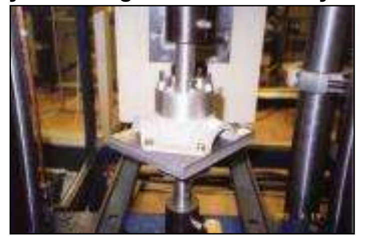
N° pièce	Aluminium (g)	Carbone Forgé® (g)
1	**537**	**270**
2	**509**	**272**
3	**520**	**268**
4	**-**	**270**
5	**528**	
6	**525**	

Les poids des demi-moyeux carbone représentent en général la moitié du poids des pièces en aluminium.

Très faible variation de poids des pièces en CARBONE FORGÉ®.

PROCEDURES DE TESTS

1er TEST : Tension (jusqu'à 15 kN), puis compression (jusqu'à 70 kN) du demi-moyeu le long de son axe de symétrie

2eme TEST : Application d'une tension le long d'un axe incliné par rapport à l'axe de symétrie de la pièce.




Pour ces deux cas, les résultats en terme de rigidité et charges apparentes de rupture sont exploités. La capacité des cellules de charge étant limitée, l'essai ne pourra atteindre la rupture de la pièce dans la plupart des cas. En outre, la rupture des vis de fixation des pièces sur l'outillage durant les essais se sont plusieurs fois produites.

3ème TEST : Compression le long de l'axe de symétrie du demi-moyeu jusqu'à 100kN
Les pièces ont été équipées de jauges de contrainte sur leur bride plane, afin d'obtenir directement l'état de contrainte locale.

RESULTATS

1er TEST : Aucune détérioration ou fissure observées que ce soit sur les pièces en aluminium ou en composite. A noter que les résistances en tension des pièces en carbone sont comparables à celles obtenues avec les alliages d'aluminium. Cependant, vu le poids nettement inférieur des pièces en carbone, les valeurs spécifiques sont beaucoup plus élevées.

N° pièce	Poids (g)	Tension (N/mm)	Tension (N/mm/g)	Compression (N/mm)	Compression (N/mm/g)
½ MOYEUX EN ALUMINIUM					
2	**509**	**29400**	**58**	**55500**	**109**
6	**525**	**27800**	**53**	**58800**	**112**
½ MOYEUX EN CARBONE FORGE®					
3	**268**	**28600**	**107**	**50000**	**186**
4	**270**	**23330**	**86**	**52600**	**195**

2eme TEST : Les pièces en carbone montrent la même ou une plus haute rigidité que les pièces en aluminium. Excepté l'échantillon d'aluminium n°1, les charges de rupture sont quasiment identiques. La rupture semble être moins fragile pour les pièces Carbone Forgé®. La propagation se produit par le délaminage de la matière autour des trous de fixation.

N° pièce	Poids (g)	Tension (N/mm)	Tension (N/mm/g)	Rupture (kN)	Rupture (N/g)
½ MOYEUX EN ALUMINIUM					
1	**537**	**7410**	**13.8**	**>43.9**	**-**
5	**528**	**7410**	**14**	**37.4**	**71**
½ MOYEUX EN CARBONE FORGE®					
1	**270**	**9610**	**35.6**	**40.5**	**150**
2	**272**	**8000**	**29.4**	**38.9**	**143**



3ème TEST : Compression avec jauges de contrainte.

Unité de contrainte : 1µdef = 10^{-6}

N° pièce	Résistance / Rigidité (N/µdef)
Aluminium – pièce n°2	**111**
Aluminium – pièce n°3	**83**
Carbone – pièce n°5	**47**

CONCLUSION

Le procédé CARBONE FORGE® est très adapté à la fabrication de pièces ouvragées, tel que le demi-moyeu, avec une excellente tenue mécanique et en respectant les directions renforcées de la structure. Les propriétés mécaniques examinées des moyeux CARBONE FORGE® sont comparables à celles obtenues à partir des alliages d'aluminium forgés, pour des dimensions semblables de pièces, et par conséquent de meilleures performances spécifiques, grâce à la densité plus faible du matériel (1.5 contre 2.9).

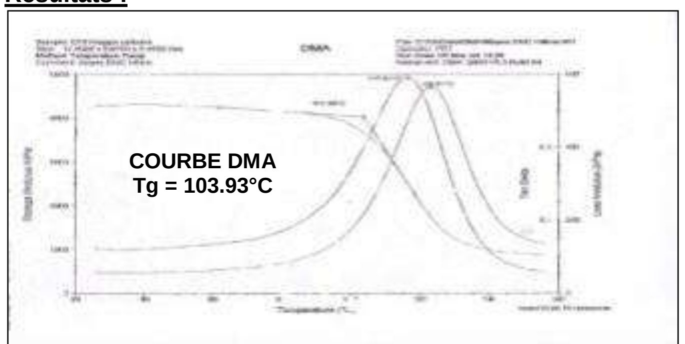
2. TENUE A LA TEMPERATURE – MOYEU CARBONE DUC

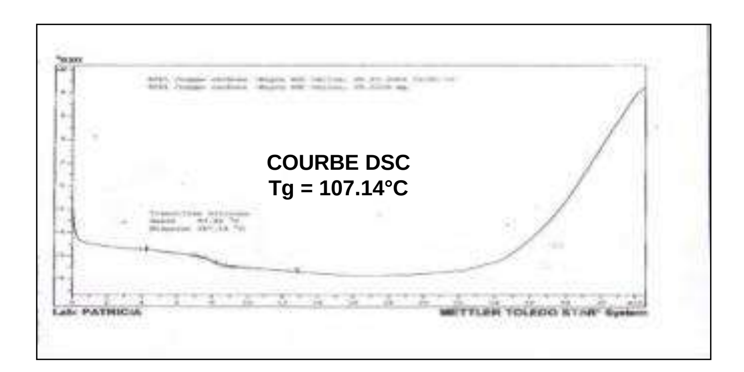
Les tests de tenue en température ont été réalisés sur un échantillon d'un demi-moyeu d'hélice DUC en fibres de carbone, selon le procédé CARBONE FORGE® dans le laboratoire d'HEXCEL COMPOSITES.

Matériau : Nappe UD de fibres de carbone préimprégné de classe 180 type aéronautique

Procédure : Les mesures de température de transition vitreuse Tv (ou Tg) ont été effectué sur appareils DSC et DMA.

Résultats :





II. Dossier technique de la pale SWIRL Standard et Inconel

1. SOLLICITATION PALE SWIRL PAR FORCE CENTRIFUGE SELON LE MOTEUR/REDUCTEUR

Calcul de la force centrifuge : $F = \frac{M \times V^2}{R_G}$

RPM_{max} : Régime moteur maximum (tr/min)

RPM_{red} : Régime réducté (tr/min)

Red. : réducteur

$Ø_{hélice}$: Diamètre de l'hélice (mm)

G_{pale} : Position du centre de gravité de la pale (mm)

R_G : Rayon du centre de gravité pale (mm)

V : vitesse linéaire en bout de pale de l'hélice (m/s)

M : Masse de la pale (kg)

F : Force centrifuge (N)

$F_{FoS(2)}$: Force centrifuge avec coéfficient de sécurité 2 (tr/min)

Pale SWIRL Standard

MOTEUR				HELICE					FORCE CENTRIFUGE	
Type	RPM_{max} (tr/min)	Red.	RPM_{Red} (tr/min)	$Ø_{hélice}$ (mm)	G_{pale} (mm)	R_G (mm)	V (m/s)	M (kg)	F (N)	$F_{FoS(2)}$ (N)
MOTEUR 4 TEMPS										
ROTAX 912	6000	2.273	**2640**	T-Ø1660	248	285	**78.74**	0.936	**20 363**	**40 726**
ROTAX 912S	6000	2.43	**2469**	T-Ø1730	248	285	**73.65**	0.952	**18 121**	**36 243**
ROTAX 914	6000	2.43	**2469**	T-R Ø1730	253	290	**74.95**	1.031	**19 969**	**39 939**
JABIRU	3300	1.00	**3300**	T-Ø1520	215	252	**87.04**	0.877	**26 366**	**52 732**
MOTEUR 2 TEMPS										
ROTAX 582	6800	2.58	**2636**	B-Ø1660	248	285	**78.62**	0.936	**20 301**	**40 602**
ROTAX 582	6800	2.62	**2595**	B-Ø1660	248	285	**77.42**	0.936	**19 686**	**39 372**
ROTAX 582	6800	3.00	**2267**	T-Ø1730	248	285	**67.61**	0.952	**15 271**	**30 542**
ROTAX 582	6800	3.47	**1960**	T-Ø1730	248	285	**58.46**	0.952	**11 415**	**22 829**
ROTAX 582	6800	4.00	**1700**	T-Ø1730	248	285	**50.71**	0.952	**8 590**	**17 180**

Pale SWIRL Inconel

MOTEUR				HELICE					FORCE CENTRIFUGE	
Type	RPM_{max} (tr/min)	Red.	RPM_{Red} (tr/min)	$Ø_{hélice}$ (mm)	G_{pale} (mm)	R_G (mm)	V (m/s)	M (kg)	F (N)	$F_{FoS(2)}$ (N)
MOTEUR 4 TEMPS										
ROTAX 912	6000	2.273	**2640**	T-Ø1660	252	289	**79.85**	0.959	**21 156**	**42 312**
ROTAX 912S	6000	2.43	**2469**	T-Ø1730	263	300	**77.53**	0.975	**19 536**	**39 072**
ROTAX 914	6000	2.43	**2469**	T-R Ø1730	261	298	**77.01**	1.054	**20 978**	**41 956**
JABIRU	3300	1.00	**3300**	T-Ø1520	220	257	**88.77**	0.900	**27 594**	**55 189**
MOTEUR 2 TEMPS										
ROTAX 582	6800	2.58	**2636**	B-Ø1660	252	289	**79.73**	0.959	**21 092**	**42 183**
ROTAX 582	6800	2.62	**2595**	B-Ø1660	252	289	**78.51**	0.959	**20 453**	**40 905**
ROTAX 582	6800	3.00	**2267**	T-Ø1730	263	300	**71.17**	0.975	**16 463**	**32 927**
ROTAX 582	6800	3.47	**1960**	T-Ø1730	263	300	**61.53**	0.975	**12 306**	**24 611**
ROTAX 582	6800	4.00	**1700**	T-Ø1730	263	300	**53.38**	0.975	**9 261**	**18 521**

2. TEST DE RUPTURE PALE SWIRL



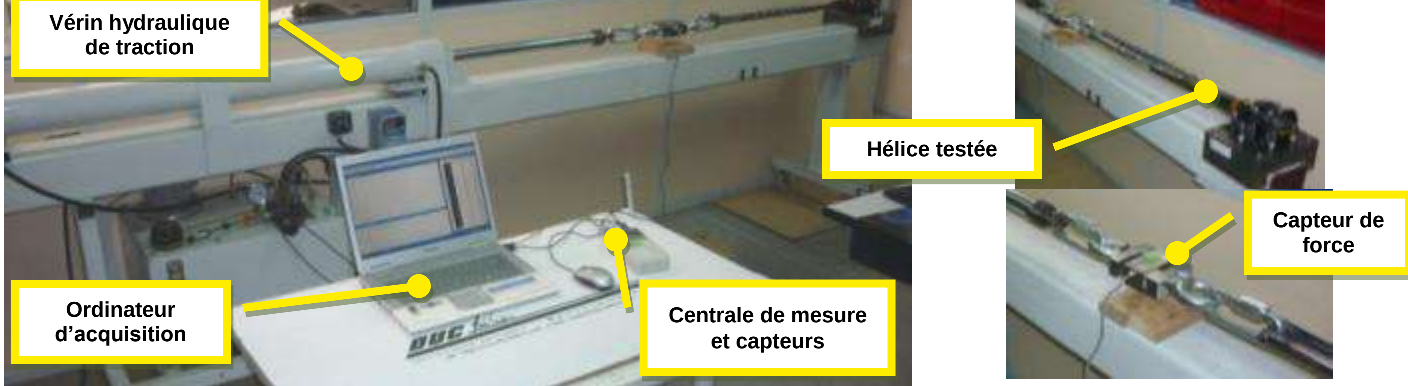
La rupture complète de la pale SWIRL n'a pas pu être obtenue par un essai de traction dans l'axe de la pale du fait de la limite de l'installation. Ainsi, pour estimer la valeur de rupture dans l'axe, un essai de traction statique désaxé de 32° est réalisé. La rupture s'est produite au niveau de l'épaulement du pied de pale. On peut considérer que la rupture de la pale dans l'axe représente environ le double de la valeur de rupture à 32° car à cette position-là, seulement la moitié du pied de pale est en contact avec le montage.

Traction de la pale dans l'axe	**Délaminage à 58 000 N**
Traction statique de la pale à 32° par rapport à l'axe	**Rupture à 48000 N**
Estimation de la valeur de rupture à la traction de la pale	**Rupture calculée à 96 000 N**

3. ESSAI DE FORCE CENTRIFUGE SELON LA SPECIFICATION CS-P350

L'essai de charge centrifuge d'hélice est défini selon la spécification de certification d'hélice CS-P 350. Son objectif est de démontrer sa conformité avec la spécification de certification d'hélice (CS-P) définie par l'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA). Au terme de l'essai, l'hélice doit montrer aucune preuve de fatigue, de dysfonctionnement ou de déformation permanente qui se traduirait par un effet majeur ou dangereux sur l'hélice. Il est considéré que cet essai permet de valider la tenue mécanique de l'hélice, autrement dit de confirmer le procédé de fabrication de celle-ci. Cet essai est réalisé avec l'hélice SWIRL Inconel Ø1520mm à une sollicitation représentative de son montage sur le moteur JABIRU. Etant la plus pénalisante pour l'essai, c'est cette configuration qui a été retenue. Ainsi, l'essai permet de valider toutes les configurations inférieures à celle choisie. De plus, toutes les hélices utilisant le même dimensionnement ainsi que la même technologie de fabrication seront considérées conformes à valeurs similaires ou inférieures à celle du test.

Procédure : Application d'une charge pendant 1 heure = 2 x Charge centrifuge maximale = 55 189 N



Résultats : Obtenus par analyse visuelle comparative de sections de la structure interne des produits testés.

Aucune dégradation externe n'a été constatée pendant et après l'essai de charge centrifuge. Analyse comparative de la pale :

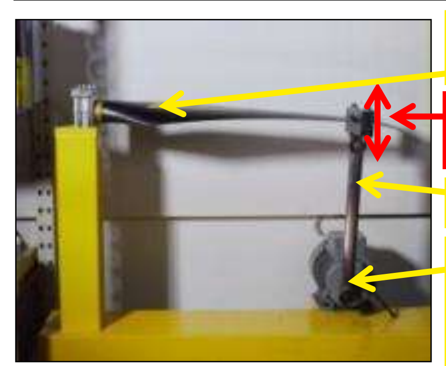
- Bon compactage et homogénéité des nappes carbones/époxy INTRADOS et EXTRADOS, ainsi qu'au pied de pale à l'intérieur de la bague (quelques toutes petites bulles d'air présentes mais acceptables)
- Pas de porosités visibles, ni d'amas de résine
- Bonne adhérence entre les peaux et le noyau interne
- Bonne densification du noyau interne
- Liaison homogène des peaux INTRADOS et EXTRADOS localisées sur le bord d'attaque et le bord de fuite
- Profils extérieurs identiques sur les pales
- Bonne cohésion du renfort INCONEL de bord d'attaque sur la structure

Quant à l'analyse visuelle des sections du moyeu :

- Bon compactage et homogénéité des nappes carbones/époxy
- Pas de déformation, d'usure, de delamination constatées en surface et autour des trous
- Bonne position et tension de la fibre au sein de la pièce
- Pas de porosité visible

Cet essai de charge centrifuge selon la spécification CS-P 350 permet de conclure que l'hélice est correctement dimensionnée et est capable de fonctionner sur une installation inférieure ou égale à un moteur JABIRU, sollicitant la pale à une force centrifuge de 27 594 N.

4. TEST DE FATIGUE A LA FLEXION DES PALES DUC



Pied de pale maintenu dans un palier en aluminium

Oscillation de 70 mm du bout de pale

Bielle d'excentration

Moteur électrique :
V = 1300 tr/min

Nb. de battement de 70 mm :
78000 battements /heure

Les pales DUC ont subie un test de flexion pendant 30 heures soit 2 340 000 cycles d'oscillation de 70 mm.

Suite à ces sollicitations, ces mêmes pales ont fait l'objet d'essais de traction et les résultats n'ont pas montré de variation de résistance de structure.





Chemin de la Madone - 69210 LENTILLY - FRANCE
Tél. : + 33 (0) 4 74 72 12 69 - Fax : +33 (0) 4 74 72 10 01
E-mail : contact@duc-helices.com - www.duc-helices.com

Entreprise certifiée
ISO 9001:2008











